

# AGYAGÁSVÁNY-TARTALMÚ ÜLEDÉKEK KOMPLEX KÖRNYEZETTUDOMÁNYI VIZSGÁLATA KULCS TERÜLETÉN

*Alkalmazott és módszertani kutatás a kulcsi csuszamlás üledékföldtani  
sajátosságainak feltárására és az ATR FTIR módszer földtudományi  
alkalmazhatóságára*

készítette

**Udvardi Beatrix**

Litoszféra Fluidum Kutató Labor

Kőzettani és Geokémiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem

*Tézisfüzet*

Környezeti földtudomány program (Dr. Szabó Csaba)  
Környezettudományi Doktori Iskola (Prof. Jánosi Imre)  
Eötvös Loránd Tudományegyetem

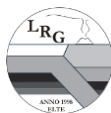
*Témavezetők:*

**Kovács István, Ph.D.**

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest

**Szabó Csaba, Ph.D.**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzettani és Geokémiai Tanszék  
Litoszféra Fluidum Kutató Labor, Budapest



**Budapest  
2015**

## 1. Bevezetés és célok

A növekvő beépítettség és antropogén tájhasználat miatt a világ számos részén földcsuszamlások által veszélyeztetett lösz magasparton létesültek települések. Ezeken a területeken a földcsuszamlások és kapcsolódó felszínmozgásos folyamatok természetes és mesterséges tényezők kombinációjaként alakulnak ki, amelyeket elsősorban a csapadék időbeli és térbeli eloszlása, valamint a vízzel szorosan kölcsönható földtani közeg tulajdonságai határoznak meg (WEN & CHEN 2007, ÚJVÁRI ET AL. 2009, LI ET AL. 2011). Ezért a stabilizálási munkálatok tervezéséhez és a földtani alapokon nyugvó monitoring rendszerek kiépítéséhez elengedhetetlen a víz és kőzet közötti kölcsönhatás eredményeként lejátszódó folyamatok, valamint a mechanikai és kémiai átalakulások vizsgálata, továbbá az ásványtani és geokémiai indikátorok feltárása (SUMMA et al. 2010). Nagyon sok laboratóriumi kísérlet született az ásványok átalakulásáról és a környezeti viszonyok függvényében az időbeli lefolyásukról. Ugyanakkor a földcsuszamlások, mint ezeknek a folyamatoknak a felerősített, természetes laboratóriumai, ebből a szempontból egy kevésbé kutatott terület (SHOAEI 2013). Különösen hangsúlyos kérdés ez a Duna menti magaspartonok esetében, ahol az utóbbi években a már kármentesített vagy a kármentesítés alatt álló lakott területeken a csuszamlások reaktiválódtak, illetve újabb potenciálisan csúszásveszélyes területek jelentek meg.

A doktori kutatás fő célja így az volt, hogy a Duna egyik legaktívabban formálódó, beépített magaspartján, Kulcson meghatározzam, milyen üledékes környezetben alakultak ki a csuszamlások, továbbá milyen ásványtani és geokémiai tényezők játszhattak szerepet a létrejöttükben. A lösz magasparton menti csúszózónák ásványos és geokémiai sajátosságairól mindössze néhány tanulmány született (BORSY & SZÖÖR 1981, BIDLÓ 1983, WEN ET AL. 2007), ezért ezek a vizsgálatok a kutatás fontos eredményét képezik. A másodlagos hatások elkülönítése érdekében a megcsúszott törmelékes üledékes kőzeteket összevettem hasonló korú és genetikájú képződményekkel. Az alkalmazott anyagvizsgálati technikák mellett az üledékes összlet tagolása és a

gyengesebbi zónák azonosítása céljából gyengített totálreflexiós infravörös spektrometriai (ATR FTIR) módszertani méréseket végeztem. A megcsúszott területről származó, különböző törmelékes üledékes kőzetek infravörös paramétereit összevetettem független módszerek – termoanalitika és röntgen-pordiffrakció – eredményeivel. A természetes minták és mechanikus ásványkeverékek vizsgálata során hozzájárultam az ásvány porkeverékek ATR FTIR kiértékelésében felmerülő problémák megoldásához.

## **2. Vizsgált terület**

A terepi megfigyeléseket és a laboratóriumi méréseket Kulcs település déli részén végeztem. Azért választottam ezt a területet, mert az egyik legnagyobb összefüggő magyarországi felszínmozgásos terület, ahol 1964 óta folyamatosan dokumentáltak földcsuszamlások. A mozgások közvetlenül veszélyeztetik a település épített környezetét (FTV 1979). Azonban jelentősebb beavatkozás, stabilizálási munkákat a tanulmányozott időszak végéig nem történt a területen. Továbbá a csúszózóna a felszínhez közel található, ezért sekély fúrásokkal is mintázható.

## **3. Alkalmazott módszerek**

A megcsúszott területen felszínről, árkolásból és fúrásokból származó mintákat elemeztem. Továbbá a stabil déli területen mélyített fúrásból is gyűjtöttem mintákat.

- Geotechnikai/üledéktani jellemzők mérése: szemcseméret eloszlás (lézerdiffrakción alapuló granulométer), sűrűség (He-piknometria), porozitás (Hg-porozimetria), pórusfelület és pórusméret eloszlás (Hg-porozimetria, N<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub> fiziszorpció)
- Ásványtani jellemzők mérése: ásványos (röntgen-pordiffrakció, termikus elemzés, infravörös spektrometria) és agyagásványos összetétel (röntgen-pordiffrakció) becslése
- Geokémiai paraméterek mérése: fő- és nyomelem koncentráció (induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria, induktív csatolású

plazma-tömegspektrometria), nedvességtartalom és az izzítási veszteség (gravimetria), CO<sub>2</sub>-tartalom (gázvolumetria) meghatározása, mészkonkréciók morfológiai és kémiai jegyeinek megfigyelése (pásztázó elektronmikroszkópia)

- Adatfeldolgozás: a geokémiai adatokból kémiai mállási index meghatározása, az ásványos összetétel és infravörös paraméterek közötti kapcsolat feltárására regresszióanalízis

#### **4. Tézisek**

1. Kimutattam, hogy Kulcson a megcsúszott és a stabil területen ugyanazok az üledékek jelennek meg az ásványtani és geokémiai vizsgálatok alapján. A csuszamlás déli határán – 15 m-es horizontális távolságkülönbséggel – mélyített két fúrásban megfigyelhető egy kavicsos réteg. Ez az egység a stabil területen 2 méterrel magasabban található, mint a megcsúszott területen, amely arra utal, hogy jelentős vertikális – a magaspattól kifelé és felfelé irányuló - elmozdulás következett be.
2. Bebizonyítottam terepi és komplex geotechnikai, fázisanalitikai és kémiai vizsgálatokkal, hogy a fúrásokban és a felszínen általam tanulmányozott és azonosított paleotalajok és vörösgyag kiemelkedő szerepet játszanak a kulcsi csuszamlások kialakulásában. Megállapítottam, hogy finom szemcseméretű és nagy rétegszilikát tartalmuk miatt ezekben a képződményekben alakulnak ki a csúszópályák. Kimutattam, hogy a vörösgyagban észlelt csúszófelületben a rétegszilikátok mennyisége megnő, míg a karbonátok mennyisége lecsökken, ugyanakkor a csúszófelülettől néhány centiméterre megnő a karbonátok mennyisége az üledékben.
3. Megerősítettem kémiai vizsgálatokkal, hogy a kulcsi üledékes sorozat a hazai idősebb lösz-paleotalaj üledékes összlet része. Az eredményeimrel rávilágítottam arra, hogy a kulcsi löszök a hazai idős löszökhöz képest azonban nagyobb kálium- és kisebb nátrium-tartalmúak. Az üledékek ásványos összetételét figyelmebe véve a nátrium elsősorban a

plagioklászból származhat, ezért a geokémiai eltérés a forrásterület kisebb plagioklász tartalmának és mállásának a következménye. A kulcsi löszben megjelenő vörösiszap a geokémiai vizsgálataim alapján közel áll a „Tengelici Vörösiszap Tengelici Tagozatához”.

4. Megállapítottam az ATR FTIR infravörös módszertani vizsgálatok során, hogy az egyes üledéktípusok infravörös spektrumai jellegzetes, rájuk jellemző sávterületekkel rendelkeznek, amelyek arányai alapján a nagy rétegszilikát – elsősorban szmektit – tartalmú üledékek elkülöníthetők. Az egyes ásványokra jellemző ATR FTIR sávterületek és a független módszerekkel - röntgen-pordiffrakcióval és termikus elemzéssel - meghatározott mennyiségük közötti kapcsolat a regresszióanalízis alapján lineáris modellben igazolható. Az üledékekre kidolgozott ATR FTIR minta-előkészítési és -kiértékelési protokoll segítségével megfigyeltem, hogy a molekuláris vízre jellemző sávterület nagysága a szmektit röntgen-pordiffrakcióval és termikus elemzéssel meghatározott mennyiségi változékonyságát követi.
5. Kimutattam, hogy a nagyobb mennyiségben rétegszilikátot – elsősorban szmektitet – tartalmazó üledékekben a nagyobb hullámszám tartományban az ATR FTIR sávterületek alulbecsülhetők a szemcseméret hatás miatt. Ezért a mennyiségi becslésre irányuló infravörös vizsgálatokban ezt a hatást figyelembe kell venni a kiértékelés és a minta-előkészítés során is. Bizonyítottam, hogy ez a szemcseméret hatás akkor érvényesül leginkább az ATR FTIR spektrumok abszorbanciájában, ha az ásványok szemcsemérete kisebb, mint az infravörös fény maximális behatolási mélysége.
6. Kimutattam, hogy az ATR FTIR spektrumokon tapasztalható a sáveltolódás az ásványmennyiséggel összefügg. Megfigyeltem, hogy a karbonátokra ( $\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ ), valamint a szmektitre és illitre jellemző ( $\sim 1000\text{ cm}^{-1}$ ) fő sávmaximumok hullámszám pozíciója csökken az ásványok független módszerekkel (röntgen-pordiffrakcióval és termikus elemzéssel) meghatározott mennyiségének növekedésével. Ezzel együtt a mechanikus

ásványkeverékek ATR FTIR vizsgálata rámutatott arra, hogy a sáveltolódás az ATR FTIR spektrumon nemcsak ásványszerkezetben bekövetkező kötéseerősségbeli változáshoz és sávátfedéshez köthető, hanem az ásványmennyiséghez is.

## 5. Köszönetnyilvánítás

Doktori munkám során nyújtott segítségéért hálával tartozom:

Témavezetőimnek, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet munkatársainak, Földvári Máriának, Mihály Judithnak, Németh Csabának, Szalai Zoltánnak, Fehér Katalinnak, Kovács Józsefnek, Székely Balázsnak, Németh Tibornak, Újvári Gábornak, Geochem Kft-nek, Oszvald Tamásnak, Bendő Zsoltnak, Anginak, az LRG régi és új tagjainak és a Környezettudományi Doktori Iskolának. Külön köszönöm a segítséget, biztatást, támogatást Családomnak és Barátaimnak.

## 6. A hivatkozott irodalmak jegyzéke

Bidló G. (1983): Az ásványos összetétel befolyása néhány felszínközeli mozgásra. *Földtani Kutatás* 26, 47-49.

Borsy Z. & Szöör G. (1981): A Tétel-halom és a dunaföldvári földcsuszamlások vörös talajainak (vörösayagjainak) összehasonlító termoanalitikai és infravörös spektroszkópiás elemzése. *Acta Geografica Debrecina* 18-19, 167-193.

FTV, Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (1979): Rácalmás község belterület és Kulcs község üdülőterület M=1:4000 méretarányú mérnökgeológiai térképezése. Budapest, *Kutatási jelentés*, 1-42.

Li C., Ma T., Zhu X. & Li W. (2011): The power-law relationship between landslide occurrence and rainfall level. *Geomorphology* 130, 221-229.

Shoei, Z. (2013): A New Approach to the Landslide Early Warning using the Chemical Composition Fluctuation in the Leakage from Susceptible Slopes. *Ecopersia* 1(3), 219-233.

Summa V., Tateo F., Gianossi M. L., Bonelli C. G. (2010): Influence of clay mineralogy on the stability of a landslide in Plio-Pleistocene clay sediments near Grassano (Southern Italy). *Catena* 80, 75-85.

Újvári G., Mentés Gy., Bánya L., Kraft J., Gyimóthy A., Kovács J. (2009): Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcső, Hungary. *Geomorphology* 109, 197-209.

Wen B. P., Aydin A., Duzgoren-Aydin N. S., Li Y. R., Chen H. Y., Xiao S. D. (2007): Residual strength of slip zones of large landslides in the Three Gorges area, China. *Engineering Geology* 93, 82-98.

Wen B. & Chen H. (2007): Mineral Compositions and Elements Concentrations as Indicators for the Role of Groundwater in the Development of Landslide Slip Zones: a Case Study of Large-scale Landslides in the Three Gorges Area in China. *Earth Science Frontiers* 14, 6, 98-106. Yalcin A. (2007) *Applied Clay Science* 38, 77-85.

## **7. A doktori munka témájában készült referált és impakt faktoros publikációk**

Magyari E. K., Demény A., Buczkó K., Kern Z., Vennemann T., Fórizs I., Vincze I., Braun M., Kovács I. J., **Udvardi B.** & Veres D. (2013): A 13,600-year diatom oxygen isotope record from the South Carpathians (Romania): Reflection of winter conditions and possible links with North Atlantic circulation changes. *Quaternary International* 293, 136-149. DOI:10.1016/j.quaint.2012.05.042; IF: 2.128, független idézetek: 2

**Udvardi B.**, Kovács I. J., Kónya P., Vatai J. Koloszár L., Fedor F., Ács P., Mihály J., Németh Cs., Deák Zs. V., Füsi B., Szalai Z., Szabó Cs., Falus Gy. & Fancsik T. (2014): A felszínmozgás zónájában előforduló üledékes kőzetek ásványos összetételének és fizikai tulajdonságainak vizsgálata Kulcs területén. *Magyar Geofizika* 55(3), 121-133. ISSN 0025-0120

**Udvardi B.**, Kovács I. J., Kónya P., Földvári M., Füri J., Budai F., Falus Gy., Fancsik T., Szabó Cs., Szalai Z. & Mihály J. (2014): Application of attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy in the mineralogical study of a landslide area, Hungary. *Sedimentary Geology* 313, 1-14. DOI 10.1016/j.sedgeo.2014.08.005; IF: 2.134

Kovács I., **Udvardi. B.**, Falus Gy., Földvári M., Fancsik T., Kónya P., Bodor E., Mihály J., Németh Cs., Czirják G., Ősi A., Vargáné Barna Zs., Bhattoa H., Szekanez Z. & Turza S. (2015): Az ATR FTIR spektrometria gyakorlati alkalmazása néhány - elsősorban földtani - esettanulmány bemutatásával. *Földtani Közöny* 145(2), in press.

## 8. Egyéb fontos közlemények

Szabó K.Zs., **Udvardi B.**, Horváth Á., Bakacsi Zs., Pásztor L., Szabó J., Laczkó L. & Szabó Cs. (2012): Cesium-137 concentration of soils in Pest County, Hungary. *Journal of Environmental Radioactivity* 110, 38-45. DOI:10.1016/j.jenvrad.2012.01.023; IF: 3.571; független idézetek: 6

Szabó K.Zs., **Udvardi B.**, Horváth Á., Bakacsi Zs., Pásztor L., Szabó J., Laczkó L. & Szabó Cs., (2012) A talajok cézium-137 koncentrációja Pest megyében. *Nukleon*, 109, 1-6.

**Udvardi B.**, Raveloson A., Visnovitz F., Kovács I., Székely B. & Szabó Cs. (2012): Sedimentological features of lateritic and saprolitic horizons in a mid-slope lavaka, Central Highlands, Madagascar. Bécs, Ausztria, 2012. április 22-27, EGU (European Geosciences Union) General Assembly, Geophysical Research Abstracts 14, EGU2012-4365; független idézetek: 1

Kovács I., Green H.D., Rosenthal A., Hermann J., O'Neill H.St.C., Hibberson W.O. & **Udvardi B.** (2012): An experimental study of water in nominally anhydrous minerals in the upper mantle near the water-saturated solidus. *Journal of Petrology*, 53, 2067-2093. DOI: 10.1093/petrology/egs044; IF: 4.485, független idézetek: 15

Tóth J., **Udvardi B.**, Kovács I. J., Falus Gy., Szabó Cs., Troskot-Čorbić T. & Slavković R. (2012): Analytical development in FTIR analysis of clay minerals. *MOL Scientific Magazine* 1, 52-61. ISSN 2060-338X